熊谷広子 渡辺弘子 神津登志枝 野口ひろみ 高橋元次*

Physiological and Morphological Changes in Facial Skin with Aging (I).

—Age-related changes in the skin of Japanese women—

Hiroko Kumagai, Hiroko Watanabe, Toshie Kozu,
Hiromi Noguchi, and Motoji Takahashi*

Using noninvasive measurement techniques, parameters representing skin characteristics were measured in a total of 117 Japanese females ranging in age from 3 to 65 years. The parameters measured were sebum secretion rate, transepidermal water loss, skin surface conductance, skin color, skin surface temperature, corneocyte surface area, and skin surface microtopography. Measurements were taken twice for each subject, once in the summer (July) and again in the winter (December). Polynomial regression analysis was used to quantitatively assess age-related trends associated with changes in skin parameters. Also, to evaluate the progression of the aging phenomena in adults (i.e., physiological aging), multiple regression analysis was carried out with age as the criterion variable and the above parameters as predictor variables.

The results of these analyses established the following facts: Most physiological skin parameters undergo changes that can be characterized by curves which attain peak values during the third decade of life, whereas morphological parameters tend to vary linearly with age. Until the third decade of life, the physiological functions of female skin remain in the developmental phase and are extremely prone to fluctuations. However, during the third decade, the physiological development of the skin reaches a stage of completion and becomes comparatively stable, and thereafter commences a gradual transition to senescence concomitant with chronological aging. The degree of skin aging can be estimated by a quantitative assessment of age-related physiological phenomena and a comprehensive analysis of the relevant data.

1. 緒 言

平均寿命が伸び高齢化する社会において“いつまでも若々しく美しくありたい”という女性の願望に答えることは、我々化粧品技術者にとって重要な課題であろう。生体の中でも顔面は生物学的な加齢変化に加えて、外界から直接的間接的影響を受けるため、個人差が強く現われ、それゆえ美容上関心の集まるところでもある。そのため老化防止という観点からスキンケアに対する期待も

（株）資生堂ビューティーサイエンス研究所：東京都品川区西五反田3-9-1

* （株）資生堂基礎科学研究所：横浜市港北区新羽町1050

Shiseido Institute of Beauty Science, 3-9-1
Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141,
Japan.

* Shiseido Basic Research Laboratories, 1050
Nippa-cho, Kohoku-ku, Yokohama 223, Japan.

年々高まってきている。若々しい肌を保つためには、まず加齢と共に皮膚に生ずる種々の現象を把握し、そのメカニズムを解明し老化を遅らせるスキンケアシステムを確立しなければならない。しかし老化の進行は個人差が大きいのでその進行程度—皮膚の老化度—を把握し個々に対応していく必要がある。

そこで我々は非侵襲的に計測可能な測定機器を用い、

(1) 加齢に伴う女性顔面皮膚の生理的・形態的变化を把握する。

(2) 皮膚特性を表わすパラメーターを総合的に解析し、皮膚の老化度を表わす指標を見出すことを目的として研究を行ったので報告する。

2. 実験

2.1 同一被験者における5年間の経年変化（実験—1）

同一人を対象として、肌状態が5年間でどのように変化するかを検討した。被験者及び測定項目を **Table-1** に、また測定時期及び測学条件を **Table-2** に示す。基本的には年4回測定を行い、5年間継続した。方法は各測定時とも同一（2・3項参照）であるが環境条件についてはコントロールしていなかったため、その影響を受け

Table-1 被験者及び測定項目

	皮脂量	経皮水分 喪失量 (TWL)	皮膚表面 コンダク タンス	皮膚色
20代	15	15	9	11
30代	19	19	12	21
40代	9	9	18	9
50代	7	7	8	6
計	50	50	47	47

た上での経年変化ということになる。測定部位は頬部である。

2.2 集団における加齢変化（実験—2）

小児から高齢者に至る幅広い年齢層を対象に皮膚の生理的、形態的な特性がどのように変化するかを調べた。被験者は **Table-3** に示す年齢3～65歳までの健常日本人女性117名。測定時期は夏（61年7月）、冬（61年12月）で、それぞれの測定環境は次の通りである。

夏：温度 $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\%$

冬：温度 $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $40 \pm 5\%$

測定は2・3項に示した項目全てについて行い、部位は頬部で項目によっては額、鼻、あご、目尻についても行った。

Table-3 被験者の年齢構成

年齢区分	人数(名)	年齢区分	人数(名)
10歳未満	12	40代	14
10代	21	50代	18
20代	22	60代	9
30代	21	計	117

2.3 測定項目と測定方法

(1) 皮脂量

洗顔2時間後の回復皮脂量をオスミウム酸濾紙法¹⁾で測定した（単位 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ）。

(2) 経皮水分損失量（TWL）

Evaporimeter Ep-1 で測定した。TWL の略称を使用した（単位 g/m^2 ）。

(3) 皮膚表面コンダクタンス

SKICON-100（IBS社製）で角層水分の指標となる皮膚表面コンダクタンスを測定した（単位 μS ）。

Table-2 測定時の環境条件

測定環境	(℃)	測定時期																湿度 (%)			
		温度	湿度	皮脂量	TWL	コンダクタンス	肌色	温度	湿度	皮脂量	TWL	コンダクタンス	肌色	温度	湿度	皮脂量	TWL		コンダクタンス	肌色	
測定時期	——			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(n=50)	
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(n=50)
								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(n=47)
							○	○								○	○				(n=47)
	(月)	7	10	2	4	7	10	2	4	7	10	2	4	7	10	2	4	7	10		
	(年)	54	55	56	57	58	59	60	61												

(4) 皮膚色(色柄・明度・彩度)

日立カラーアナライザー607型で測定した。

(5) 皮膚表面温度

赤外線映像装置(日本アビオニクス社製)で測定した(単位°C)。

(6) 角層細胞面積

高橋らの方法²⁾を用い一試料につき30個の細胞を測定し平均値を用いた(単位 μm^2)。

(7) 皮膚表面形態(レプリカの視感評価)³⁾

皮膚表面から得られたレプリカを実体顕微鏡下で観察し、視感により5段階評価した。評点が高いほど皮丘、皮溝が明瞭であり、評点が低い程不明瞭である。

(8) 皮膚表面形態(レプリカの画像解析)⁴⁾

画像解析システムを用いレプリカ像を解析した。CCDより得られたレプリカの原画像を2値化処理し以下のパラメーターを求めた。

総黒画素数; 2値化された画像の総黒画素数。

皮溝の鮮明度合いを表わす指標。

メッシュ間変動係数; 2値化像を13×13メッシュに分割し各メッシュにおける黒画素数の変動係数。皮溝放射状態の均質性を表わす指標。

(7) 目尻のしわ

目尻を直接紫外線撮影し、その写真を画像解析装置に取り込み、輝度分布のプロファイルから一定線分上に現れる波の数(皮溝に相当)を求め単位長当りの波数比として表わす。細かい皮溝がのびて大きなしわが形成される場合は波数比が小さくなりしわの量が多いと判断される。

3. 結 果

3.1 同一被験者における5年間の経年変化

各被験者の経年変化を年代ごとにプールしてまとめた。四季を通じた年間の平均を太線で、夏の結果を実線、冬の結果を破線で示した。

(1) 皮脂量

結果を Fig.-1 に示す。年代が高くなる程皮脂量は少なくなる傾向にあった。各年代の経年変化は20代では顕著でないが、30代以降の群で明かな減少傾向を示した。また夏における皮脂量は冬より多い傾向にあった。

(2) TWL

結果を Fig.-2 に示す。年代が高くなるに従ってわずかに減少している傾向を示したが、どの年代でも夏冬の変化が大きく5年間の経年変化は認められなかった。

(3) 皮膚表面コンダクタンス

結果を Fig.-3 に示す。夏冬の季節変動が大きく、各年代における経年変化も、各年代間の差も認められなかった。

(4) 皮膚色(色相)

結果を Fig.-4 に示す。5年間の変化を見ると、各年代とも色相は赤味から黄味へ変化し、その度合いは若い年代の方がより大きい傾向を示した。年代で比較しても20代の方は赤味によっており確かに加齢と共に黄味に変化していくことが示された。

(5) 皮膚色(明度)

結果を Fig.-5 に示す。5年間の経年においても、年代間の違いにおいても加齢と共に明度が下がり、明るい方から暗い方に変化していく傾向を示した。

(6) 皮膚色(彩度)

結果を Fig.-6 に示す。30代で彩度が上昇している他は5年間の変化はごくわずかであった。各年代間では年代が上がるにつれて彩度が上がる傾向にあった。

3.2 集団における加齢変化

3.2.1 各パラメーターの加齢変化

皮膚特性を表わすパラメーターが加齢と共に変化する傾向を定量的に検討するため多項式回帰分析を行った。即ちパラメーターの Y 値を目的変数、年齢 X を説明変数とし、回帰曲線

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 + \alpha_3 X^3 + \dots + \alpha_n X^n$$

(α: 回帰係数)

を統計的に有意である次数まで求めた。

(1) 皮脂量

夏における皮脂量と年齢をデータとして直交多項式による回帰分析を行うと5次成分まで有意となり、5次までの回帰係数が得られた。この回帰曲線と測定値の関係を Fig.-7 に示す。

同様にして冬の皮脂量の年齢に対する回帰曲線を求め、夏冬同一座標上に表わした結果を Fig.-8 に示す。

夏の方が冬に比べて全体的に高くなっており、いずれも10代頃から増加し始め20代半ばで最大に達した後徐々に減少し始めた。

顔面における部位別の回帰曲線を Fig.-9 に示す。頬や目尻に比較してTゾーンといわれる額、鼻、顎は多い傾向にあり、いずれも20代から30代にかけてピークを示した。

(2) TWL

皮脂量と同様に夏冬の TWL の回帰曲線を求めた結果を Fig.-10 に示す。夏では20代までは加齢に伴って増加し20代をピークに徐々に低下した。冬では全般に

Fig.-1 皮脂量の年代別経年変化

Fig.-2 TWL の年代別経年変化

Fig.-3 皮膚表面コンダクタンスの年代別経年変化

Fig.-4 肌色(色相)の年代別経年変化

Fig.-5 肌色(明度)の年代別経年変化

Fig.-6 肌色(彩度)の年代別経年変化

Fig.-7 皮脂量の加齢変化

Fig.-8 皮脂量の年齢に対する回帰曲線

Fig.-9 皮脂量の加齢変化と部位差

夏より高く、20代を過ぎてから徐々に減少してゆく傾向にあった。

(3) 皮膚表面コンダクタンス

夏と冬ではデータのバラツキが異なるため、夏、冬個々に生データをプロットした上に回帰曲線を重ねて図示した (Fig.-11)。

夏の測定温度が $26 \pm 2^\circ\text{C}$ と高かったため発汗の影響を受けていると思われる。従って角層水分量の指標という意味での加齢変化は明らかにすることはできなかった。冬では年齢の低い方で非常に少なく20代以降ではほぼ一定となり、20代とそれ皮以降の高齢者層ではほとんど差が認められなかった。

(4) 皮膚色

結果を Fig.-12~Fig.-14 に示す。

色相：20代前半で赤味がピークになり、それより若くても高齢でも黄味が強くなっていた。また冬より夏の方が全般に黄味によっていた。

明度：20代前半に明るさのピークがあり両サイドで明度が下がる傾向を示した。

彩度：20代で一番彩度が低く両サイドでは高くなっていた。

(5) 皮膚表面温度

結果を Fig.-15 に示す。夏ではほとんどの被験者は 34°C 近辺に分布しバラつきが小さいが冬になると $30 \sim 37^\circ\text{C}$ 位まで大きくバラついた。加齢変化は夏では明瞭でなかったが冬になると他のパラメーターと同様に20代

Fig.-10 TWL の年齢に対する回帰曲線

Fig.-11 皮膚面コンダクタンス

Fig.-12 肌色（色相）の年齢に対する回帰曲線

Fig.-13 肌色（明度）の年齢に対する回帰曲線

Fig.-14 肌色（彩度）の年齢に対する回帰曲線

にピークを持ち両サイドに低い曲線を示した。部位による皮膚温の違いを Fig.-16 に示す。額は頬より加齢変化が少なく、また平均で 1.5°C 高かった。

(6) 角質細胞面積

結果を Fig.-17 に示す。角質細胞の面積は年齢と共に漸次大きくなる傾向を示した。角質細胞の大きさは角層のターンオーバー速度と密接に関係しており、ターンオーバーが速いほど面積が小さくなることが知られている⁴⁾。今回の実験から加齢と共に角質ターンオーバーは遅くなることが示唆された。

(7) 目尻のしわ

結果を Fig.-18 に示す。加齢と共に波数比は小さくなった。このことより細かい皮溝がのびて平坦化し、一

方大きなしわが形成されることが示唆された。

(8) 表面形態の画像解析

結果を Fig.-19 に示す。加齢と共に総黒画素数は少なくなり、逆にメッシュ間の変動係数は大きくなった。即ち加齢と共に皮溝が浅く平坦化し、皮丘の区画が不鮮明になり皮溝放射状が不規則になることが示された。

(9) 皮膚表面形態 (顕微鏡写真の視感評価)

5段階評価の年代別構成比を Fig.-20 に示す。図中、評点4, 5を荒れていない、評点1, 2を荒れているとした。年齢の若い方では夏では平均スコアが高く皮丘、皮溝が明瞭な人が多いのに反し、冬になると逆に荒れた肌が多くなった。高齢者においては夏で皮丘、皮溝が明瞭な人が少ない反面、冬でも特に荒れている人も少

Fig.-15 皮膚表面温度

Fig.-16 皮膚表面温度の加齢変化と部位差

Fig.-17 角質細胞面積の加齢変化

Fig.-18 目尻の波数比の加齢変化

Fig.-19 表面形態の年齢に対する回帰直線

Fig.-20 皮膚表面形態の5段階評価

なく、夏冬の表面形態の変化は小さかった。

3.2.2 皮膚の老化度を表わす総合指標

加齢現象の総合指標を設定するため、年齢を目的変数 (y) に、測定したパラメーターを説明変数 (x_i) に用い重回帰分析を行った。

皮膚の特性を表わす生理的パラメーターの多くは成人以降に低下していくことがわかったので、それ以後の加齢現象の進行程度(老化度)を相対的に推定するため、18歳以上のデータのみを用いた。結果を Table-4 に示す。11の測定項目のうち8項目のパラメーターを重回帰式に取り込むことにより重相関係数は0.90でかなり正確に被験者の年齢を推定できることが示された。また、標準偏回帰係数の大きさから考えて、目尻のしわや皮膚表面形状に関する指標が年齢推定に大きく寄与していることが考えられた。得られた推定年齢と実年齢の関係を

Table-4 重回帰分析結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	単相関係数
1. 皮脂量	-0.138	-0.224	-0.4537
2. コンダクタンス	0.250	0.075	0.0553
3. TWL			-0.1993
4. 角質細胞面積	0.033	0.173	0.4391
5. 肌色 色相	1.743	0.206	0.3895
6. 明度			-0.3049
7. 彩度	7.513	0.149	0.3663
8. 表面形態 (変動係数)	24.668	0.335	0.4123
9. 表面形態 (総黒画素数)	0.001	0.226	-0.1972
10. 皮膚表面温度			-0.1934
11. 目尻のしわ	-1.158	-0.514	-0.7817
定数項	-33.552		
重相関係数	0.901	寄与率	0.811

Fig.-21 実年齢と推定年齢の比較

Fig.-21 に示す。

4. 考 察

顔面の皮膚は加齢と共に変化し、美容上好ましからざる現象となって表われる。例えば我々が行った約5000人のアンケート調査によると、こじわ、たるみ、しみ・そばかす、くすみに関する悩みは高齢になるに従って増加するし、肌が美しく見えた時期は20代前半に集中する。

そこで我々は一般女性を感じている肌状態をより客観的に把握するために、生体に対して非侵襲的に計測可能な機器を用い顔面皮膚を測定した。

その結果、皮膚特性を示す生理的パラメーターの多くは20代にピークを持ち、それ以降次第に低下していくことが認められた。この現象は年齢分布のある集団でみた時も、同一個人における経年変化で調べた時もほぼ同じ結果であった。

例えば、皮脂量はその典型的なものであり、20代半ばにピークを示した。この変化はアンドロゲン分泌の生理的变化に対応していると考えられており⁶⁾、この時期に内分泌器官の機能が最も活発になると思われる。

また、皮膚色に関していえば、20代で一番色相が赤味に寄り、明度が高く、彩度が低くなっており内分泌機能の高まりと相俟って20代が一番美しく見える要因の一つになっていると思われる。高齢化するに従い、色相が黄味に寄り、明度が下がり、彩度が上がるのはくすみやしみ・そばかすの発生と関連が強いと推察される。子供の場合夏に高齢者と同じ傾向を示したのは、戸外で遊ぶことも多く日焼けとの関連性が強いと考えられる。

皮膚表面温度も20代にピークを示し、その後加齢と共に減少した。この結果は堀川等⁶⁾の結果と一致しておりこの時期に循環系の活動も活発になるのであろう。

一方、目尻のしわや皮溝の規則性、角質細胞面積からみた角層ターンオーバーは小児から直線的に変化することが示された。このように形態に関するパラメーターは皮脂などとは異なり内分泌器官の影響を受けにくく、加齢と共に単調に変化するのであろう。

5段階視感評価による皮膚表面形態の加齢変化において、夏は若い世代程皮丘皮溝が整って美しい肌をしているが、冬になると逆に荒れた肌が增多することが示された。特に子供の皮膚はその傾向が著しかった。冬になるとTWLが高くなり、皮膚表面コンダクタンスが低下することから考え、子供は皮膚の保護機能が未成熟で環境に左右され易く、低温低湿で環境のきびしい冬には皮脂

が少ない上に水分が不足し肌荒れを起こし易い状態になっているものと思われる。

以上のことより、女性の皮膚生理機能は小児期から思春期頃までは成育過程にあり非常に生体内外の影響を受け変化し易い状態にあるが、20代で完成期を迎え、その後加齢と共に衰退し老化していくものと考えられた。そのために30代後半から脂っぽさがなくなり、しみ・そばかす、小じわ等が増え弾力のない肌となってあらわれてくるものと思われる。

今回測定した皮膚パラメーターを用い重回帰分析を行い、皮膚年齢を推定し、それを皮膚の老化度を表わす総合指標と考えた。その結果、歴年齢と推定年齢の重相関係数は0.90と非常に高く、数個の指標を組み合わせることにより客観的な老化度を推定できることがわかった。

しかし、Fig.-21 に示した如く同一年齢においても皮膚の老化度は個人によって大きく変動することも明らかになった。

5. 総 括

- (1) 3歳から65歳までの女性の皮膚を測定した結果、皮膚の生理的パラメーターの多くは20代にピークを持つ曲線の変化を示し、形態的パラメーターは加齢に伴い直線的に変化する傾向が示された。
- (2) 皮膚パラメーターの季節変動をみると回帰曲線のピークにあたる20代で変動が小さく、ピーク以前の低年齢層で変動が大であった。
- (3) 女性の皮膚は20代までは成育過程にあり、その後完成期を迎え、さらに加齢と共に老化していくものと推察された。
- (4) 加齢に伴って起きる現象を科学的に捉え、そのデータを総合的に解析することにより客観的に皮膚の老化度を推定することができた。

References

- 1) K.Nakajima, K.Okazaki, F.Morikawa and Y.Miya, Some problems on the osmic acid filter paper method for examining the excretion of sebum, Journal of J.C.C.A special issue, 5, 106-110, 1979.
- 2) M.Takahashi, M.Aizawa, Y.Machida and R.Marks, A test to monitor age-associated changes in human skin, J.Soc.Cosmet.Chem. Japan., 20(3), 194-200, 1989.
- 3) H.Kumagai, K.Shioya, K.Kawasaki, I.Horii,

- J.Koyama, Y.Nakajyama, W.Mori and S.Ohta, Development of a scientific method for classification of facial skin types, J. Soc.Cosmet.Chem.Japan., 19(1), 9-19, 1985.
- 4) Y. Nakayama, I. Horii, K. Kawasaki, J. Koyama, T.Suzuki, H.Kumagai, T.Ozawa, T.Mitsui, S.Ohta, Studies on various factors affecting the efficacies of skin care products by instrumental skin measurement and consumer preference testing, J. Soc. Cosmet. Chem. Japan., 20(2), 111-119, 1989.
- 5) 佐藤良夫他, 加齢と皮脂, “加齢と皮膚”(高瀬, 石原, 戸田, 森川編), p.91~105, 清水書院, (1986).
- 6) 堀川壽夫, 湯浅正治, 女性顔面の皮膚表面温度分布特性について, 日本化粧品科学会誌, 5(2), 22-29, 1981.
- (昭和63年10月6日受理)